钱学森综合集成体系

于景元
(中国航天科技集团公司 710研究所 ,北京 100037)

[摘　要] 钱学森将还原论方法和整体论方法辩证统一起来 ,并从系统整体出发将系统进行分解 ,再综合集成到系统整体实现 1 + 1 > 2的整体涌现 ,最终是从整体上研究和解决问题。从综合集成思想、综合集成方法、综合集成理论、综合集成技术到综合集成工程构成了钱学森综合集成体系 ,这个体系必将对现代科学技术发展产生重大影响 ,特别是对科学技术向综合性整体化方向发展将发挥重要作用。

[关键词] 钱学森 ;综合集成体系 ;系统论 ;科学技术
[中图分类号] N94　　[文献标识码] A　　[文章编号] 1008-245X (2006) 06-0040-08

Qian Xuesen′Synthesization and Integration System Space Flight

YU Jing-yuan
(701 Research Institute, China Aerospace Science and Technology Group Company, Beijing 100037, China)

Abstract Qian Suesen unites the method of the reduction theory with the method of the complete body theory in a dialectical way and decomposes the system starting with the whole of the system and then synthesizes and integrates in the whole of the system to realize the emergence of the whole of 1 + 1 > 2 and finally to resarch and solve the problem from aspect of the whole. Qian Xuesen′s synthesization and integration system is composed of the thinking, method, theory, technology and engineering of synthesization and integration. This system will necessarily impose great impacts on the development of modern science and technology and especailly play an important role in the development of science and technology in the direction of synthetic integration.

Key words Qian Xuesen; synthesization and integration system; systems theory; science and technology

钱学森是我国当代杰出的科学家 ,同时也是一位杰出的思想家。钱学森在长达 70多年丰富多彩的科学生涯中 ,建树了许多科学丰碑 ,对现代科学技术发展和我国社会主义现代化建设做出了杰出贡献。钱学森的科学成就与贡献不仅充分反映出他的科学创新精神 ,同时也深刻体现了他的科学思想和科学方法。

众所周知 ,钱老的研究领域十分广泛 ,从科学、技术、工程直到哲学的不同层次上 ,在跨学科、跨领域和跨层次的研究中 ,特别是不同学科、不同领域的相互交叉、结合与融合的综合集成研究方面 ,都做出了许多开创性的独特贡献。系统科学的成就与贡献就是其中的一个重要方面。

20世纪 80年代初 ,钱老从科研一线领导岗位上退下来以后 ,就把自己全部精力投入到学术研究之中。这一时期 ,钱老学术思想之活跃 ,涉猎学科之广泛 ,原创性之强 ,在学术界是十分罕见的。他通过讨论班、学术会议以及与众多专家、学者书信往来的学术讨论中 ,提出了许多新的科学思想和方法、新的学科与领域 ,并发表了大量文章出版了多部著作 ,产生了广泛的学术影响。

钱老在这一时期 ,花费心血最多也最具有代表性的工作是建立了系统科学体系和创建了系统学。从现

[收稿日期] 2006 - 10 - 18
[作者简介] 于景元 (1937 -) ,男 ,黑龙江肇东人 ,中国航天集团 710研究所科技委主任 ,研究员 ,中国系统工程学会副理事长 ,中国社会经济系统分析研究会副理事长 ,国家软科学研究指导委员会委员 ,国家自然科学基金委员会管理科学部评审组成员。

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

代科学技术发展趋势来看,一方面是已有学科不断分化,越分越细,新学科、新领域不断产生,呈现出高度分化的特点;另一方面是不同学科、不同领域之间相互交叉、结合与融合,向综合性整体化的方向发展,呈现出高度综合的趋势。这两者是相辅相成、相互促进的。系统科学就是这后一发展趋势中最有基础性的学问。钱老不仅善于从前一发展趋势中吸收各学科、各领域营养来构建系统科学,如创建系统学、发展系统工程技术等,而且又能从系统科学角度和综合集成思想去思考一些学科和领域的发展,从而提出新的学科和新的领域。如钱老把人脑作为复杂巨系统来研究,提出了“思维科学”;把地球表层作为复杂巨系统来研究,提出了“地理科学”;把人体作为复杂巨系统来研究,提出了“人体科学”;等等。而且这些新的学科和领域不仅和原来相关的学科和领域是相洽的,同时还融入了新的科学思想和科学方法。

钱学森在其科学理论与科学实践中有一个非常鲜明的特点,就是他的系统思维和系统科学思想。在这个时期,钱学森的系统科学思想和系统方法有了新的发展,达到了新的高度,进入了新的阶段,特别是钱学森的综合集成思想和综合集成方法,已贯穿于工程、技术、科学直到哲学的不同层次上,形成了一套综合集成体系。综合集成思想与综合集成方法的形成与提出,是一场科学思想和科学方法上的革命,其意义和影响将是广泛而深远的。

下面,我们将从三个方面对钱学森综合集成体系进行一些讨论。

一、综合集成思想与综合集成方法

系统科学和已有的其它科学不同,正如钱老所说的,系统科学就是从局部与整体、局部与系统这样一个观点去研究客观世界的[1]。客观世界包括自然、社会和人自身。能反映事物这个特征最基本的重要概念就是系统,所以系统也就成为系统科学研究和应用的主要对象。这与自然科学、社会科学、人文科学等不同,系统科学能把这些科学领域研究的问题联系起来作为系统进行综合性整体研究。这就是为什么系统科学具有交叉性、综合性、整体性和横断性的原因,也正是这些特点使系统科学处在现代科学技术发展的综合性整体化的方向上。

所谓系统是指由一些互相关联、互相作用、互相影响的组成部分所构成的具有某些功能的整体,这是国内外学术界普遍公认的科学概念。这样定义的系统在自然界、人类社会包括人自身是普遍存在的。钱老根据系统结构的复杂性,提出了新的系统分类,将系统分为简单系统、简单巨系统、复杂巨系统、特殊复杂巨系统——社会系统。

系统的一个重要特点,就是系统在整体上具有其组成部分所没有的性质,这就是系统的整体性。系统整体性的外在表现就是系统功能。系统的这个性质意味着对系统组成部分都认识了并不等于认识了系统整体,系统整体性不是它组成部分性质的简单“拼盘”。

系统科学研究表明,系统内部结构和系统外部环境以及它们之间的关联关系,决定了系统整体性和功能。从理论上来看,研究系统结构与环境如何决定系统整体性和功能,揭示系统存在、演化、协同、控制与发展的一般规律,就成为系统学,特别是复杂巨系统学的基本任务。国外关于复杂性的研究,正如钱老指出的是开放复杂巨系统的动力学问题,实际上也是属于这方面的探索。

另一方面,从应用角度来看,根据上述性质,为了使系统具有我们期望的功能,特别是最好的功能,我们可以通过改变和调整系统结构或系统环境以及它们之间关联关系来实现。但系统环境并不是我们想改变就能改变的,只能主动去适应,而系统结构却是我们能够改变、调整和设计的。这样,我们便可以通过改变、调整系统组成部分或组成部分之间、层次结构之间以及与系统环境之间的关联关系,使它们相互协调与协同,从而在整体上涌现出我们满意的和最好的功能,这就是系统控制、系统干预(Intervention)、系统组织管理的基本内涵,也是控制工程、系统工程等所要实现的主要目标。

对于系统科学来说,一个是要认识系统,另一个是在认识系统基础上去改造、设计和运用系统,这就要有科学方法论的指导和科学方法的运用。

钱学森是一位高度重视科学方法论与方法的科学家,也善于从方法论角度来处理问题,如对目前国内外都高度重视但又认识不一致的复杂性研究,钱老却从方法论角度给出了清楚的界定,他指出,凡现在不能用还原论方法处理的,或不宜用还原论方法处理的问题,都是复杂性问题,复杂巨系统就是这类问题[2]。

对于简单系统和简单巨系统都已有了相应的方法,也有了相应的理论与技术并在继续发展之中。但对复杂巨系统(包括社会系统)却不是已有科学方法所能处理的,需要有新的方法论和方法,这就是钱老一

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

再指出的,这是一个科学新领域。

从近代科学到现代科学的发展过程中,自然科学采用了从定性到定量的研究方法,所以自然科学被称为"精密科学"。而社会科学、人文科学由于研究对象的复杂性,通常采用的是从定性到定性的思辨、描述方法,所以这些学问被称为"描述科学"。当然,这种趋势随着科学技术的发展也在变化,有些学科逐渐向精密化方向发展,如经济学、社会学等。

从方法论角度来看,在这个发展过程中,还原论方法发挥了重要作用,特别在自然科学领域中取得了很大成功。还原论方法是把所研究的对象分解成部分,以为部分研究清楚了,整体也就清楚了。如果部分还研究不清楚,再继续分解下去进行研究,直到弄清楚为止。按照这个方法论,物理学对物质结构的研究已经到了夸克层次,生物学对生命的研究也到了基因层次。毫无疑问,这是现代科学技术取得的巨大成就。但现实的情况却使我们看到,认识了基本粒子还不能解释大物质构造,知道了基因也回答不了生命是什么。这些事实使科学家认识到"还原论不足之处正日益明显"[3]。这就是说,还原论方法由整体往下分解,研究得越来越细,这是它的优势方面,但由下往上回不来,回答不了高层次和整体问题,又是它的不足一面。所以仅靠还原论方法还不够,还要解决由下往上的问题,也就是复杂性研究中的所谓涌现问题。著名物理学家李政道对于 21世纪物理学的发展曾讲过"我猜想 21世纪的方向要整体统一,微观的基本粒子要和宏观的真空构造、大型量子态结合起来,这些很可能是 21世纪的研究目标"[4]。这里所说的把宏观和微观结合起来,就是要研究微观如何决定宏观,解决由下往上的问题,打通从微观到宏观的通路,把宏观和微观统一起来。

同样的道理,还原论方法也处理不了系统整体性问题,特别是复杂巨系统(包括社会系统)的整体性问题。从系统角度来看,把系统分解为部分,单独研究一个部分,就把这个部分和其他部分的关联关系切断了。这样,就是把每个部分都研究清楚了,也回答不了系统整体性问题。

意识到这一点更早的科学家是彼塔朗菲,他是一位分子生物学家,当生物学研究已经发展到分子生物学时,用他的话来说,对生物在分子层次上了解得越多,对生物整体反而认识得越模糊。在这种情况下,于 20世纪 30年代他提出了整体论方法,强调还是从生物体系统的整体上来研究问题。但限于当时的科学技术水平,支撑整体论方法的具体方法体系没有发展起来,还是从整体论整体、从定性到定性,论来论去解决不了问题。正如钱老所指出的"几十年来一般系统论基本上处于概念的阐发阶段,具体理论和定量结果还很少"[5]。但整体论方法的提出,确是对现代科学技术发展的重大贡献。

20世纪 80年代中期,国外出现了复杂性研究。所谓复杂性其实都是系统复杂性,从这个角度来看,系统整体性,特别是复杂巨系统(包括社会系统)的整体性问题就是复杂性问题。所以对复杂性研究,他们后来也"采用了一个'复杂系统'的词,代表那些对组成部分的理解不能解释其全部性质的系统。"[3]

国外关于复杂性和复杂系统的研究,在研究方法上确实有许多创新之处,如他们提出的遗传算法、演化算法、开发的 Swarm软件平台、以 Agent为基础的系统建模、用数字技术描述的人工生命,等等;在方法论上,虽然也意识到了还原论方法的局限性,但并没有提出新的方法论。方法论和方法是两个不同层次的问题。方法论是关于研究问题所应遵循的途径和研究路线,在方法论指导下是具体方法问题,如果方法论不对,再好的方法也解决不了根本性问题。

20世纪 70年代末,钱学森明确指出"我们所提倡的系统论,既不是整体论,也非还原论,而是整体论与还原论的辩证统一"[6]。钱老的这个系统论思想后来发展成为他的综合集成思想。根据这个思想,钱老又提出将还原论方法与整体论方法辩证统一起来,形成了系统论方法。在应用系统论方法时,也要从系统整体出发将系统进行分解,在分解后研究的基础上,再综合集成到系统整体,实现 $1+1>2$的整体涌现,最终是从整体上研究和解决问题。由此可见,系统论方法吸收了还原论方法和整体论方法各自的长处,同时也弥补了各自的局限性,既超越了还原论方法,又发展了整体论方法。这是钱学森在科学方法论上具有里程碑意义的贡献,它不仅大大促进了系统科学的发展,同时也必将对自然科学、社会科学等其它科学技术部门产生深刻的影响。

钱老深谙西方哲学的精髓,又能吸取中华民族古代哲学的营养,并运用辩证唯物主义创立了系统论方法。他在吸收国外现代科学技术发展成就的同时,又能突破他们的各种局限性,站得比外国科学家更高一些,充分显示出他的科学创新精神。

20世纪 80年代末到 90年代初,钱学森又先后提出"从定性到定量综合集成方法"以及它的实践形式"从定性到定量综合集成研讨厅体系"(以下将两者合

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

称为综合集成方法),并将运用这套方法的集体称为总体部。这就将系统论方法具体化了,形成了一套可以操作的行之有效的方法体系和实践方式。从方法和技术层次上看,它是人·机结合、人·网结合以人为主的信息、知识和智慧的综合集成技术。从应用和运用层次上看,是以总体部为实体进行的综合集成工程。

综合集成方法的实质是把专家体系、信息与知识体系以及计算机体系有机结合起来,构成一个高度智能化的人·机结合与融合体系,这个体系具有综合优势、整体优势和智能优势。正如钱老指出的,它能把人的思维、思维的成果、人的经验、知识、智慧以及各种情报、资料和信息统统集成起来,从多方面的定性认识上升到定量认识[2]。

钱老提出的人·机结合思维体系是综合集成方法的理论基础。从思维科学角度来看,人脑和计算机都能有效处理信息,但两者有极大差别。关于人脑思维,钱老指出"逻辑思维,微观法;形象思维,宏观法;创造思维,宏观与微观相结合。创造思维才是智慧的源泉,逻辑思维和形象思维都是手段"[2]。今天的计算机在逻辑思维方面确实能做很多事情,甚至比人脑做得还好还快,善于信息的精确处理,已有许多科学成就证明了这一点,如著名数学家吴文俊的定理机器证明。但在形象思维方面,现在的计算机还不能给我们以任何帮助。至于创造思维就只能依靠人脑了。然而计算机在逻辑思维方面毕竟有其优势。如果把人脑和计算机结合起来以人为主的思维方式,那就更有优势,思维能力更强,人将变得更加聪明,它的智慧和创造能力比人要高,比机器就更高,这也是 1 +1 >2的道理。这种聪明'人'的出现就是钱老所说的,将会出现一个"新人类",不只是人,是人·机结合的"新人类"[2]。

信息、知识和智慧是三个不同层次的问题。有了信息未必有知识,有了信息和知识也未必就有智慧。信息的综合集成可以获得知识,信息和知识的综合集成可以获得智慧。人类有史以来是通过人脑获得知识和智慧的。现在由于以计算机为主的现代信息技术的发展,我们可以通过人·机结合以人为主的方法来获得信息、知识和智慧,在人类发展史上,这是具有重大意义的进步。综合集成方法就是这种人·机结合获得信息、知识和智慧的方法,它是人·机结合的信息处理系统、人·机结合的知识生产系统、人·机结合的智慧集成系统。按照我国传统文化有"集大成"的说法,即把一个非常复杂的事物的各个方面综合起来,达到对整体的认识,集大成得智慧,所以钱老又把这套方法称为"大成智慧工程"。将大成智慧工程进一步发展,在理论上提炼成一门学问,就是大成智慧学。

从实践论和认识论角度来看,与所有科学研究一样,无论是复杂巨系统(包括社会系统)的理论研究还是应用研究,通常是在已有的科学理论、经验知识基础上与专家判断力(专家的知识、智慧和创造力)相结合,对所研究的问题提出和形成经验性假设,如猜想、判断、思路、对策、方案等。这种经验性假设一般是定性的,它所以是经验性假设,是因为其正确与否,能否成立还没有用严谨的科学方式加以证明。在自然科学和数学科学中,这类经验性假设是用严密逻辑推理和各种实验手段来证明的,这一过程体现了从定性到定量的研究特点。但对复杂巨系统(包括社会系统)由于其跨学科、跨领域、跨层次的特点,对所研究的问题能提出经验性假设,通常不是一个专家,甚至也不是一个领域的专家们所能提出来的,而是由不同领域、不同学科的专家构成的专家体系,依靠专家群体的知识和智慧,对所研究的复杂巨系统(包括社会系统)问题提出经验性假设。但要证明其正确与否,仅靠自然科学和数学中所用的各种方法就显得力所不及了。如社会系统、地理系统中的问题,既不是单纯的逻辑推理,也不能进行实验。但我们对经验性假设又不能只停留在思辨和从定性到定性的描述上,这是社会科学、人文科学中常用的方法。系统科学是要走"精密科学"之路的,那么出路在哪里?这个出路就是人·机结合以人为主的思维方式和研究方式。采用"机帮人、人帮机"的合作方式,机器能做的尽量由机器去完成,极大扩展人脑逻辑思维处理信息的能力。通过人·机结合以人为主,实现信息、知识和智慧的综合集成。这里包括了不同学科、不同领域的科学理论和经验知识、定性和定量知识、理性和感性知识,通过人·机交互、反复比较、逐次逼近,实现从定性到定量的认识,从而对经验性假设正确与否做出明确结论。无论是肯定还是否定了经验性假设,都是认识上的进步,然后再提出新的经验性假设,继续进行定量研究,这是一个循环往复、不断深化的研究过程。

综合集成方法的运用是专家体系的合作以及专家体系与机器体系合作的研究方式与工作方式。具体地说,是通过从定性综合集成到定性、定量相结合综合集成再到从定性到定量综合集成这样三个步骤来实现的。这个过程不是截然分开,而是循环往复、逐次逼近的。复杂系统与复杂巨系统(包括社会系统)问题,通常是非结构化问题。通过上述综合集成过程可以看

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

出,在逐次逼近过程中,综合集成方法实际上是用结构化序列去逼近非结构化问题。图 1是综合集成方法用于决策问题研究的示意图。

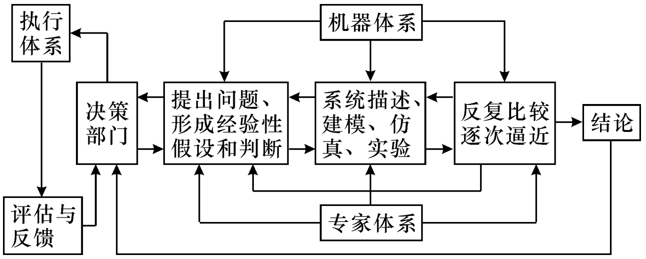

图 1 综合集成方法用于决策问题研究的示意图

这套方法是目前处理开放的复杂巨系统 (包括社会系统)的有效方法,已有成功的案例证明了它的有效性[7]。综合集成方法的理论基础是思维科学,方法基础是系统科学与数学科学,技术基础是以计算机为主的现代信息技术和网络技术,哲学基础是辩证唯物主义的实践论和认识论。

二、综合集成理论与综合集成技术

科学是认识世界的学问,技术是改造世界的学问,工程是改造世界的实践。从这样三个层次来看,现代科学技术已有了巨大发展,人类对客观世界的认识越来越深刻,改造客观世界的能力也越来越强。今天,科学技术对客观世界的研究与探索,已从渺观、微观、宏观、宇观直到胀观五个层次的时空范围[8]。见图 2。其中宏观层次就是我们所在的地球,在地球上出现了生命、生物,产生了人类和人类社会。相应于这些不同部分和不同层次的研究,也就形成了今天众多的科学领域和学科。

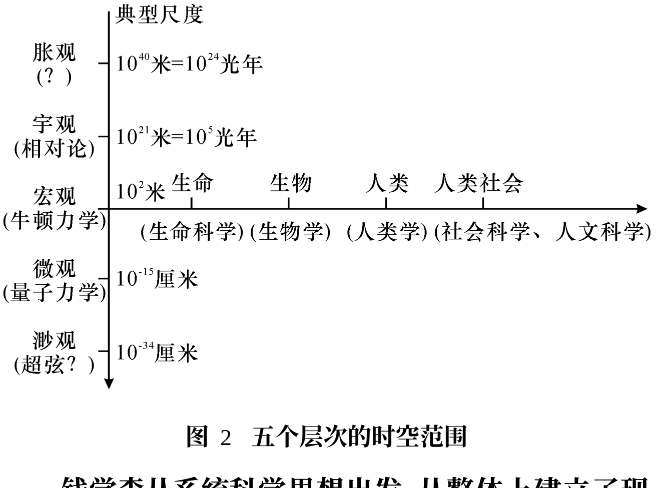

图 2 五个层次的时空范围

钱学森从系统科学思想出发,从整体上建立了现代科学技术体系结构[9],在这个体系中,不同领域、不同学科、不同层次的知识,相互关联、相互影响共居一体,而且这个体系是开放的,随着科学技术的发展,这个体系也要发展。

客观世界是相互联系、相互影响、相互作用的,因而反映客观世界不同部分不同层次规律的不同科学技术部门之间,如自然科学、社会科学和人文科学之间,也是相互联系、相互影响、相互作用的,我们不应把这些学问的内在联系人为地加以割裂,而应把它们有机联系起来去研究和解决问题。

正如前面所说,现代科学技术的发展呈现出既高度分化,又高度综合的两种明显趋势。在这后一发展趋势中,不仅有同一领域内不同学科的交叉、结合,特别是不同领域之间,如自然科学、社会科学、人文科学之间的相互结合以至融合,这已成为现代科学技术发展的重要特点。在这一趋势中,先后涌现出系统科学、管理科学、软科学、非线性科学、复杂性科学等。在这个方向上的理论和应用研究,都应引起我们高度重视,这里有很大的创新空间。特别是这方面人才的培养,显得更加迫切。这类人才是具有跨学科、跨领域研究能力和创新能力的复合型人才。

对于这后一发展趋势,我们始终面临着如何把不同领域、不同学科以及不同层次的知识综合集成起来的问题,这样形成的知识,无论是科学理论还是应用技术,都将使我们对客观事物的认识更加深刻,改造客观世界的能力也就更强。复杂性研究和复杂科学的积极倡导者 M ·盖尔曼 (Gell-mann),在他所著的《夸克与美洲豹》一书中,曾写道"研究已表明,物理学、生物学、行为科学,甚至艺术与人类学,都可以用一种新的途径把它们联系到一起,有些事实和想法初看起来彼此风牛马不相及,但新的方法却很容易使它们发生关联"[10]。M ·盖尔曼 (Gell-mann)虽然没有说明这里所说的新途径、新方法是什么,但从他们后来关于复杂系统、复杂适应系统的研究来看,这个新途径和新方法就是系统途径和系统方法。

一般来说,复杂系统、复杂巨系统不仅有自然属性,还有社会属性和人文属性,这些属性寓于在同一个系统之中。研究这个系统不仅需要自然科学,也需要社会科学、人文科学,系统本身就把这些学问联系起来了。这就需要把这些学问综合集成起来,才有可能全面、深刻地去认识系统。以管理科学为例,大家都认为管理科学是自然科学、社会科学、人文科学相互交叉、结合以至融合的研究领域。实际上,管理科学所面临

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

的研究和应用对象都是系统,这些系统通常都是复杂巨系统,特别是社会系统中的问题。既有自然属性,又有社会属性和人文属性。在这种情况下,我们需要的是把自然科学、社会科学与人文科学综合集成起来研究系统的管理问题,而不是把它们分割开来仅从自然科学角度或仅从社会科学、人文科学角度去研究,然后再拼起来。这是两种不同的研究路线,也是两种不同的研究方法。前者需要综合集成方法,后者还是还原论方法,方法不同效果也就不会一样,在实践中已有大量事实说明了这一点。

在现代科学技术向综合性整体化方向发展过程中,综合集成方法可以发挥重要的基础作用。从方法论与方法的特点上来看,综合集成方法本质上就是用来处理跨学科、跨领域和跨层次问题研究的方法论和方法。运用综合集成方法所形成的理论就是综合集成的系统理论,钱学森提出的系统学,特别是复杂巨系统学,就是要建立这套理论。国外关于复杂性的研究,实际上也是属于系统理论范畴[11]。

综合性整体化的方向,不仅有科学层次上的理论问题,也有技术层次上的应用问题。在这方面,比较典型的是系统工程技术的出现与发展。系统工程是组织管理系统的技术,它根据系统总体目标的要求,从系统整体出发,运用综合集成方法把与系统有关的学科理论方法与技术综合集成起来,对系统结构、环境与功能进行总体分析、总体论证、总体设计和总体协调,其中包括系统建模、仿真、分析、优化、设计与评估,以求得可行的、满意的或最好的系统方案并付诸实施。

由于实际系统不同,将系统工程用到哪类系统上,还要用到与这个系统有关的科学理论方法与技术。例如,用到社会系统上,就需要社会科学与人文科学方面的知识。从这些特点来看,系统工程不同于其它技术,它是一类综合性的整体技术、一种综合集成的系统技术、一门整体优化的定量技术。它体现了从整体上研究和解决问题的技术方法。

系统工程的应用首先从工程系统开始的,用来组织管理工程系统的研究、规划、设计、制造、试验和使用。实践已证明了它的有效性,如航天系统工程。直接为这类工程系统工程提供理论方法的有运筹学、控制论、信息论等,当然还要用到自然科学技术有关的理论方法与技术。所以,对工程系统工程来说,综合集成也是其基本特点。

当我们把系统工程用来组织管理复杂巨系统 (包括社会系统)时,处理工程系统的方法已不够用了,它难以用来处理复杂巨系统 (包括社会系统)的组织管理问题。在这种情况下,系统工程也要发展。由于有了综合集成方法,系统工程便可以用来组织管理复杂巨系统和社会系统了,这样系统工程也就发展了,现已发展到复杂巨系统工程和社会系统工程阶段。

从综合集成的系统理论到综合集成的系统技术,中间也应有个过渡桥梁,它属于技术科学层次。有些学者曾提出把这门学问称作"集成学"。考虑到综合集成的内涵和外延比通常所说的集成要广泛而深刻,因而称作"综合集成学"可能更贴切一些。从这个角度来看,工程控制论就是针对工程系统控制的综合集成理论。

三、综合集成工程

把综合集成理论与技术用于改造客观世界的实践中,就是综合集成工程。

对任何一项具体实践或工程,都是一个具体的实际系统,是有人参与的实际系统。因此,社会实践是系统的实践,也是系统的工程。这样一来,有关实践的决策与组织管理等问题,也就成为系统的决策与组织管理问题,在这种情况下,系统的理论方法和技术应用到社会实践或工程中去,也就是很自然的事情了。

人们在遇到涉及的因素多而又难于处理的实践问题时,往往脱口而出:这是系统工程问题。这句话是正确的。其实这句话包含两层含义:一个含义是,这是系统的工程或系统的实践,另一个含义是,既然是系统的工程就应该用系统工程技术去处理;可惜的是,人们往往只注意到了前者,却忘记了要用系统工程去解决问题。

我们要把系统工程应用到实践中,就必须有个运用它的实体部门。以航天为例,航天系统中每种型号都是一个工程系统,对每种型号都有一个总体部,总体部就是运用系统工程的实体部门。总体部由熟悉这个工程系统的各方面专业人员组织,并由知识面比较宽广的专家 (称为总设计师)负责领导。根据系统总体目标要求,总体部设计的是系统总体方案,是实现整个系统的技术途径。总体部把系统作为它所从属的更大系统的组成部分进行研制,对它所有技术要求都首先从实现这个更大系统的技术协调来考虑;总体部又把系统作为若干分系统有机结合的整体来设计,对每个分系统的技术要求都首先从实现整个系统技术协调的角度来考虑,总体部对研制中分系统之间的矛盾,分系统与系统之间的矛盾,都首先从总体目标的需要来考

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

虑。运用系统方法并综合运用有关学科的理论与方法,对型号系统结构、环境与功能进行总体分析、总体设计、总体协调,包括使用计算机和数学为工具的系统建模、仿真、分析、优化、试验与评估,以求得满意的和最好的系统方案,并把这样的总体方案提供给决策部门作为决策的科学依据。一旦为决策者所采纳,再由有关部门付诸实施。航天型号总体部在实践中已被证明是非常有效的,在我国航天事业发展中,发挥了重要作用。

这个总体部所处理的对象还是个工程系统。但在实践中,研制这些工程系统所要投入的人、财、物、信息等也构成一个系统,即研制系统。对这个系统的要求是以较低的成本、在较短的时间内研制出可靠的、高质量的型号系统,对这个研制系统不仅有如何合理和优化配置资源问题,还涉及到体制机制、发展战略、规划计划、政策措施以及决策与管理等问题,见图 3和图 4。

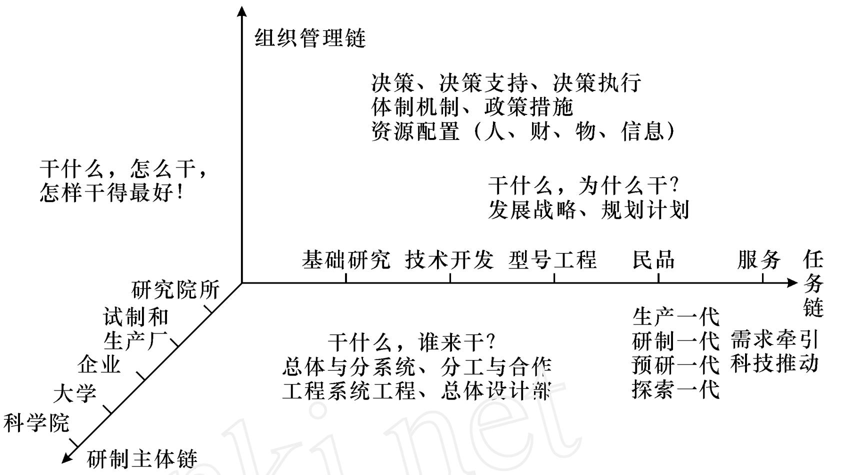

图 4 研制系统技术层面所涉及的内容

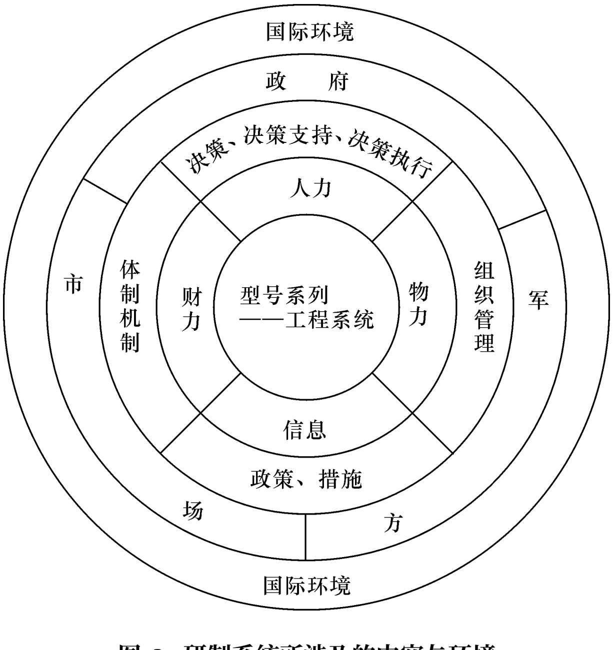

图 3 研制系统所涉及的内容与环境

显然,这个系统要比工程系统复杂得多,属于社会系统范畴。如果说工程系统主要需要自然科学技术的话,那么这个研制系统除了自然科学技术外,还需要社会科学与人文科学。如何组织管理好这个系统,也需要系统工程,但工程系统工程是处理不了这类系统的组织管理问题,而需要的是社会系统工程。

应用社会系统工程也需要有个实体部门,这个部门就是钱老提出的运用综合集成方法的总体部,这个总体部与航天型号的总体部比较起来已有很大的不同,有了实质性的发展,但从整体上研究与解决问题的思想还是一致的。

综合以上所述,可以看出综合集成思想是钱学森系统科学思想的重要发展。综合集成思想在方法论层次上的体现就是综合集成方法。运用综合集成方法所形成的系统理论与系统技术,是综合集成思想在科学、技术层次上的体现。综合集成工程则是综合集成思想在实践层次上的体现,而综合集成思想在哲学层次上的体现就是大成智慧。这样,从综合集成思想、综合集成方法、综合集成理论、综合集成技术到综合集成工程,就构成了钱学森综合集成体系,这个体系必将对现代科学技术发展产生重大影响,特别是对科学技术向综合性整体化方向发展中,将发挥重要作用。这是钱学森对现代科学技术发展的重大贡献,是留给中国乃至整个人类的宝贵知识财富和精神财富。

从以上这些事实中,我们可以看出钱学森的系统科学思想,特别是综合集成思想使他的知识结构不仅有学科和领域的深度,又有跨学科、跨领域的广度,还有跨层次的高度。而这个高度就不仅仅是科学知识范畴的问题,更反映出他的科学思想和科学智慧。从科学视野来看,如果把深度、广度和高度看作三维结构的话,那么钱学森就是一位既有科学深度又有广度还有高度的三维科学家,是一位名副其实的科学大师和科学帅才。

钱老在纪念和赞扬他的挚友著名力学家郭永怀时曾说“一方面是精深的理论,一方面是火热的斗争,是冷与热的结合,是理论与实践的结合,这里没有胆小鬼

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

的藏身处,也没有自私者的活动地;这里需要的是真才实学和献身精神"[12]。这段话是怀念郭永怀先生时讲的,但也恰好反映了钱老本人的科学精神和高尚情操。

钱学森是一位具有坚定政治信仰与信念、高尚思想情操与品德和科学创新精神的科学家。几十年来,钱老始终关心的是中华民族振兴,献身的是祖国现代化事业,追求的是科学真理。他从一名爱国主义者成为一名共产主义战士。在革命和建设实践的洗礼中,不断净化自己的思想,不断升华和提高自己的人生观和世界观,甚至到了耄耋之年,也从未停止过前进的脚步。钱老曾说"我作为一名中国的科技工作者,活着的目的就是为人民服务"。从人民视野来看,钱学森是一位人民科学家。

[参考文献]

[1] 钱学森. 新技术革命与系统工程,论系统工程:增订本[M]. 长沙:湖南科学技术出版社, 1988.
[2] 钱学森. 创建系统学[M]. 太原:山西科学技术出版社, 2001.
[3] R. Gallagher, T. Appenzeller. 超越还原论[C]/戴汝为. 复杂性研究论文集, 1999.
[4] 李政道. 新世纪:微观与宏观的统一[J]. 科学世界, 2000, (1): 1.
[5] 钱学森. 系统工程与系统科学的体系,论系统工程(增订本)[M]. 长沙:湖南科学技术出版社, 1988.
[6] 钱学森. 人体科学与现代科学技术发展纵横观[M]. 北京:人民出版社, 1996.
[7] 于景元,涂元季. 从定性到定量综合集成方法——案例研究[J]. 系统工程理论与实践, 2002, (5): 1 - 7.
[8] 钱学森. 基础科学研究应该接受马克思主义哲学指导[J]. 哲学研究, 1989, (1): 4 - 9.
[9] 钱学森. 现代科学技术的特点与体系结构. 论系统工程[M]. 长沙:湖南科技出版社, 1988.
[10] 盖尔曼. M. 夸克与美洲豹——简单性和复杂性的奇遇[M]. 长沙:湖南科技出版社, 1998.
[11] 欧阳莹之. 复杂系统理论基础[M]. 上海:上海科技教育出版社, 2002.
[12] 王寿云. 钱学森,中国现代科学家传记[M]. 北京:科学出版社, 1991.

(责任编辑:司国安)

(上接第5页)

(二)现金漏损率降低是存差增加的原因之一

如上文所述,现金漏损率与存差呈反向变动,现金漏损率减少很大程度上促使了存款的不断增加。居民存款增加的原因是出于预防动机,难以逆转,同时折射出我国资本市场的不成熟。因此,建立健全社会保障体系,充分发展资本市场是减少"存差"的重要途径。

(三)资产运用多元化也导致了存差的扩大

随着商业银行体制改革的深入,资产运用多元化成为趋势。在银行资产多样化的同时,贷款比例相对下降。但是,商业银行在以资产多元化运用分散风险的同时,还应努力寻求流动性、安全性和盈利性的最佳均衡点。

[参考文献]

[1] 王 建. 从首次出现"存差"现象说开去[J]. 了望, 1995, (24): 35 - 38.
[2] 武士国. 对当前金融机构存差问题的几点分析[J]. 国际金融研究, 1995, (10): 18 - 22.
[3] 郝继伦. "存差"现象评析与金融调控的政策取向[J]. 财经问题研究, 1996, (6): 23 - 28.
[4] 汤仲飞. 试析"存差"过大的成因负面影响及对策[J]. 中国农村信用合作, 1999, (8): 27 - 31.
[5] 韩 军. 我国金融机构存差现状及其原因分析[J]. 统计研究, 2002, (11): 35 - 39.
[6] 郭 浩. 我国存款货币银行的存贷差问题分析[J]. 国际金融研究, 2002, (5) 31 - 37.
[7] 施其武. 关于存贷差问题的分析及若干认识[J]. 金融纵横, 2002, (11): 26 - 31.
[8] 江其务. 关于中国金融系统"存差"的金融分析[J]. 财贸经济, 2003, (4): 48 - 53.
[9] 伍志文. 我国银行存差扩大成因的实证分析[J]. 财经研究, 2004, (4): 35 - 40.
[10] 石华军,肖 珑. 开放经济条件下中国货币供给量内生性的实证分析[J]. 经济与管理, 2006, (1): 51 - 54.
[11] 孙 健,辛 然. 我国货币流通速度变化的原因探析[J]. 财经研究, 2002, (3): 51 - 56.
[12] 曾康霖. 信用论[M]. 北京:中国金融出版社, 1996: 120 - 180.
[13] 胡庆康. 现代货币银行学[M]. 上海:复旦大学出版社, 2001: 91 - 112.
[14] 李宏瑾. 中央银行、信用货币创造与"存差"[J]. 货币金融评论, 2005, (10): 6 - 13.

(责任编辑:司国安 张 丛)

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net